

СЕКЦІЯ 8
ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ. ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ.
ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНІ ТЕХНОЛОГІЇ ОБЛІКУ
ЕНЕРГОНОСІЇВ

УДК 621.311.001.57(063)

СИСТЕМА ТЕХНІЧНОГО ДІАГНОСТУВАННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ З
ВИКОРИСТАННЯМ СМАРТ ТЕХНОЛОГІЙ

Закладний О. О., Прокопенко В. В., Кульбачний П. В., Гребенюк Т. В.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, Україна

E-mail: zakladniy@gmail.com, progrek@gmail.com, orionk@ukr.net, t.hrebenuk07@gmail.com

На сучасному етапі розвитку промисловості у більшості розвинених країн світу значна увага приділяється питанням впровадження в промисловість інтелектуальних технологій як основи інноваційного розвитку. В якості сучасних енергоефективних розробок виділяють автоматизовані саморегульовані системи, засновані на передових інформаційних технологіях – «інтелектуальні» мережі, які в тому числі спроможні підвищити надійність споживачів, тоді як споживання енергоресурсів стає більш економічним, з обмеженням негативної дії на екологію.

Основним істотним недоліком сучасних існуючих засобів діагностування електроприводів є неврахування зв'язків між процесами перетворення енергії та їх наслідками. Вказаний недолік не дозволяє встановити причини, що призводять до погіршення енергоефективності, виникнення і розвитку несправностей та аварій. Тому задача розробки сучасних інтелектуальних засобів діагностування є актуальною.

Однією з складових смарт технологій є системи моніторингу енергообладнання, які охоплюють різні аспекти, у тому числі управління і моніторинг стану електротехнічного обладнання промислового виробництва – Asset Management, в тому числі електроприводи, і які можна описати такими ознаками: підвищення надійності промислових підприємств та безвідмовності роботи електроприводів; підвищення ефективності споживання енергоресурсів зі збереженням необхідних параметрів якості продукції; управління і моніторинг стану електроприводів промислових підприємств; перехід на технічне обслуговування і ремонт електроприводів за фактичним технічним станом; велика кількість датчиків, які вимірюють поточні режимні параметри для оцінювання стану електроприводів в різних режимах роботи; система збору і обробки даних (високоінтегровані комплекси оперативного управління в режимі реального часу з врахуванням експертних та розрахункових систем ухвалення рішень).

Останнім часом отримали розвиток методи діагностування стану електроприводів, засновані на моніторингу спожитого струму з виконанням спеціального спектрального аналізу отриманого сигналу, що дозволяє з високою достовірністю визначати технічний стан елементів. Принцип методу полягає в тому, що будь-які збурення в роботі механічної та електричної частин електроприводу і пов'язаного з ним механізму призводять до змін магнітного потоку в зазорі електричної машини, а отже – до слабкої модуляції споживаного струму. Поява у спектрі струму електроприводу характерних частот свідчить про наявність пошкоджень електричної або механічної частин електроприводу.

Моніторинг струму електроприводу, на відміну від вібродіагностики, може бути виконаний безпосередньо на клемній коробці електропривода або в електрощиті живлення без будь-якого порушення режиму роботи.

Оскільки форма напруги живлення електропривода на виробничих підприємствах відрізняється від синусоїдальної, в отриманих спектрах струму й напруги присутні їх гармоніки, але несправності двигуна і пов'язаного з ним механізму викликають відповідні гармоніки лише в спектрі струму.

Порівняння гармонік напруги й струму дає можливість розрізнити гармонічні складові струму характерні для непрацюючого устаткування. В результаті створення та регулярного поповнення бази даних вимірювань та їх аналізу в процесі експлуатації електромеханічних систем можна простежити динаміку фактичного розвитку окремих пошкоджень електродвигуна та механізму і прогнозувати подальший розвиток несправностей. Різниця в амплітуді між основною частотою і характерною для конкретної несправності є показником критичності дефекту.

Суть розробленої системи діагностування електроприводів полягає в моніторингу і прийнятті діагностичних рішень на кожному з окремих ієрархічних рівнів, що дозволяє виявити, локалізувати та усунути дефекти до того, як об'єкти діагностування перейдуть до несправного стану.

Послідовність виконання етапів діагностування, а також аналіз його результатів формують алгоритм діагностування параметрів, який є основним алгоритмом роботи системи. У відповідності до нього формується висновок щодо фактичного стану електроприводів і прогноз його технічного стану на майбутнє. Для побудови алгоритму діагностування використовується інформаційний метод, заснований на виборі параметрів з максимальною інформацією про енергетичний стан об'єкту діагностування.

Завдяки наявності мережевої підтримки локальні пристрої діагностування технічного стану електроприводів поєднуються в загальну діагностичну мережу, до якої введені комп'ютери технагляду, головних механіків, інженерів і промислового підприємства в цілому. Такий багаторівневий контроль забезпечує оптимізацію електроспоживання та безпечну експлуатацію.

Всі перелічені вище задачі об'єднуються під загальною назвою «Smart systems. Asset Management». Потреба в оснащенні широкого кола різноманітних

електроприводів системами діагностування, моніторингу та контролю стану зумовлює потребу адаптивності названих систем. Важливу роль у забезпеченні широких можливостей систем нового покоління буде відігравати розподіл обчислювальних ресурсів між різними системами діагностування, моніторингу та контролю на різних рівнях ієрархії.

Ключові слова: енергоефективність, електропривод, смарт технології, діагностика, технічний стан.

УДК621.313

THE CHOICE OF SUSPENDED INSULATORS FOR CALCULATION
OF STEP-DOWN SUBSTATION OF INDUSTRIAL DISTRICT
BY TOTAL POWER 115 MVA

*Jasim Mohmed Jasim Jasim, Mohanad Aljanabi, Waleed Khalid Shakir Al Jubori
Al-Furat Al-Awsat Technical University, Kufa, Iraq*

E-mail: com.jm.jasem@atu.edu.iq, com.mhn@atu.edu.iq, waled_k@atu.edu.iq

The suspended insulators depend on voltages. In the opened distributive device (ODD) for hold flexible wires are used the suspended and tightening bunch. The amount of insulators in the suspended bunch depends on rating voltages of substation and conditions of environment. If we have suspended insulators on a high voltage side, it is not necessary to check mechanical strength, because distances between phases are adopt large and on the choice of amount of insulators in a bunch, mechanical loadings are already taken into account (weight of wires, wind, ice-slick and other). For devices of normal type are uses: 35 kV – 3 - 4 insulators in a bunch; 110 kV – 6 - 7; 220 kV – 13 - 14. In tightening bunch the amount of insulators is multiplied by one. At a huge contamination of atmosphere we multiply a bunch on 1 - 2 insulators or apply suspended insulators bunches of special construction with more developed surface. Sometimes suspended insulators apply in open devices (6-20 kV). In this case one insulator is enough. Thus for fastening flexible wires to tower we applies suspended insulators bunches ПС1–А (type of an insulation layer is designed for warmth. And an inner ... It can be expensive) by 8 pcs. all together. For the best Choice of equipment on the opened distributive device: Basic elements of the (ODD) 110 kV are: disconnects (isolators), separators, shorting device, low-oil-content switches, current transformers, dischargers, grounders unipolar. At choice of electrical equipment in networks with voltage more than 1000 V we take into account: function and type of devices; Structural implementation (with big size of oil, little size of oil, air and etc.); rating voltage of device; protection current; by disconnecting capability. Equipment must be checked up for: electrostatics firmness; thermal firmness. Data to the choice and verifications of equipment are taken before current transformers in the circle of transformer on the side of high voltage 110 kV is used for feeding relay defense of transformer. On the side of high voltage 110 kV in the circle of transformer there are no electrical equipment, which

feed from their second winding, that is why these transformers on the second overload are unchecked. Voltage transformers on substation from the side of high voltage 110 kV does not set (install), because in the circle of transformers there are no electric equipment, which feed from the voltage transformers, and in obedience to the norms of planning of substations in the chart of 2 blocks line- transformer setting voltage transformers is not foreseen.

Keywords: Insulators; transformer; electric equipment.

УДК 621.355.9

ТЕХНІЧНИЙ ПРОГРЕС У ГАЛУЗІ ПОРТАТИВНИХ АКУМУЛЯТОРІВ (ОГЛЯД)

Зимовченко В. О.

*Український науково-дослідний інститут спеціальної техніки та судових експертиз
Служби безпеки України, Київ, Україна
E-mail: 777235@ukr.net*

В наш час дуже важко уявити людину, яка б хоч один день могла обійтись без смартфона, планшета, ноутбука, або іншої портативної електроніки, яка нас оточує. Всі ці пристрої поєднує одне, у своїй більшості вони працюють на літій-іонних акумуляторах. Прогрес не стоїть на місці, і з кожним роком літій-іонні акумулятори вдосконалюються, стають більш тонкими та легкими, але нікуди не зникли проблеми зі здуттям акумуляторів, в наслідок чого портативна електроніка може спалахувати та вибухати. Також літій-іонні батареї втрачають працездатність при повному розряді, і дуже швидко втрачають ємність на холоді.

Компанія Zap&Go [1], використовуючи розроблені в Оксфордському університеті технології, впровадила принцип накопичення енергії, який полягає в швидкому заряді надпровідників за допомогою вуглецевих нанотрубок. Революційна технологія дозволяє створити новий перспективний вид акумуляторів енергії.

Результатом є надзвичайно швидке зарядження батареї, яке здійснюється без використання токсичних хімікатів та рідкоземельних металів, таких як кобальт, що застосовуються для виготовлення літій-іонних акумуляторів.

Основним матеріалом для виготовлення нового акумулятора є вуглець, який легко доступний в різних формах. Zap&Go використовує вуглець з шкаралупи кокосових горіхів, але матеріал що зараз використовується, буде змінюватися у міру зростання попиту.

Також до переваг крім миттєвої зарядки слід віднести те, що: 1) акумулятор не втрачає свою ємність протягом терміну служби; 2) виробництво може відбуватись на існуючих підприємствах, на виробничих ліній, на яких виготовляються іонно-літієві батареї; 3) передбачається значний, прогнозований до 30 років термін роботи [2]. На сьогодні, Zap&Go працює над

четвертим поколінням своїх акумуляторів, з напругою в 4 вольти. До 2025 року в компанії планують випустити 5 і 6 покоління, для використання їх у транспортних засобах.

Вуглецеві акумулятори можуть стати заміною літій-іонним в приладах.

Ключові слова: акумулятор, термін служби, вуглецеві акумулятори.

Література

[1] Режим доступу: <https://zapgo.com/technology/>

[2] Режим доступу: <https://cleantechnica.com/2019/02/01/zapgos-carbon-ion-battery-delivers-ultra-fast-charging-zero-degradation/>

УДК 681.121.42

ДОСЛІДЖЕННЯ РОЗПОВСЮДЖЕННЯ УЛЬТРАЗВУКОВОГО СИГНАЛУ ДЛЯ УТОЧНЕННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ВИТРАТОМІРА

Гришанова І. А.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, Україна

E-mail: irgryshanova@gmail.com

Ультразвуковий час-імпульсний принцип вимірювання витрати відомий вже достатньо давно, але математичний апарат для його реалізації лише в загальному вигляді містить в собі фізичні величини, які впливають на вимірювальний процес.

Для більш точного представлення математичної моделі ультразвукового процесу вимірювання сьогодні використовуються сучасні комп'ютерні технології, які дають змогу показати взаємодію моделі потоку протікаючої рідини і моделі розповсюдження в ньому акустичних коливань. Мова йде про застосування системного аналізу різних фізичних явищ на базі ANSYS Fluid Structure Interaction. Саме застосування такої технології дозволило ефективно дослідити розповсюдження ультразвукового сигналу для уточнення математичної моделі ультразвукового витратоміра. В рамках цього дослідження було зроблено наступне:

1. Розроблено математичну модель розповсюдження ультразвукової хвилі всередині труби з протікаючою рідиною.
2. Модель враховує вплив частоти ультразвукової хвилі (параметр f), складу рідини (параметри g , p), швидкості течії рідини (параметр v) і її температури (параметр t).
3. Швидкість течії рідини обмежується діапазоном 0 – 10 м/с, діапазон частот ультразвукової хвилі 20 КГц – 2 МГц.
4. Рідина була змодельована у вигляді трискладового середовища, що містить воду, гліколь і бульбашки повітря. Параметри моделі задають відсотковий вміст гліколя (параметр g) і бульбашок повітря (параметр p).
5. Діаметр труби було взято рівним 100 мм.

6. При розробці моделі було прийнято, що хвиля вводиться в трубу перпендикулярно до її вісі (з боку труби), а віддзеркалення хвилі від границі середовищ труба/рідина є відсутнім.

7. На основі розробленої моделі побудовано функцію залежності амплітуди хвилі (функція затухання хвилі) від відстані (параметр s), від частоти ультразвукової хвилі, від складу і швидкості течії рідини.

Результати представлено у вигляді функції затухання хвилі від частоти для таких значень параметрів моделі ($s=100$ мм, $t=40$ градусів Цельсія для всіх випадків):

- a. Залежність $\text{Atten}(\mathbf{f}, \mathbf{v}, \mathbf{g}, \mathbf{p}, \mathbf{s}, \mathbf{t})$ при $v=0$ м/с, $p=0$, $g=0-100\%$ з кроком 20%.
- b. Залежність $\text{Atten}(\mathbf{f}, \mathbf{v}, \mathbf{g}, \mathbf{p}, \mathbf{s}, \mathbf{t})$ при $v=5$ м/с, $p=0$, $g=0-100\%$ з кроком 20%.
- c. Залежність $\text{Atten}(\mathbf{f}, \mathbf{v}, \mathbf{g}, \mathbf{p}, \mathbf{s}, \mathbf{t})$ при $v=5$ м/с, $p=0-50\%$ з кроком 5%, $g=20\%$.
- d. Залежність $\text{Atten}(\mathbf{f}, \mathbf{v}, \mathbf{g}, \mathbf{p}, \mathbf{s}, \mathbf{t})$ при $v=5$ м/с, $p=0-50\%$ з кроком 5%, $g=40\%$.

Результати моделювання або так званого чисельного експерименту демонструють початок процесу отримання знань щодо розповсюдження високочастотних пульсацій в рідині і їх залежності від геометричної конфігурації витратомірної ділянки. В подальшому це дасть змогу проводити більш детальні дослідження поведінки ультразвукового витратоміру за різних умов його експлуатації, особливо, коли мова йде про вплив асиметрії потоку і вихороутворень на точність вимірювань.

Ключові слова: ANSYS, CFD, Fluid Structure Interactions, ультразвуковий витратомір, час-імпульсний принцип вимірювання.

УДК 621.311

USING OF ASCA FOR THE HARMONIC'S SOURCES IDENTIFICATION.

Filyanin D.

*National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine
E-mail: daniel_f@rambler.ru*

One of the most important components of the electricity market is its instrumental support. It is a set of systems, devices, communication channels, algorithms, etc. for monitoring and controlling the parameters of energy consumption and power supply. The base of the formation and development of instrumental support are automated systems of commercial account of electric power (ASCA).

The main component of modern ASCA is multifunctional electronic energy meter with current and voltage transformers. The counters measure, registers and accumulates data on consumption and generation active and reactive energy and apparent energy. Also, modern electronic counters have a functions of energy quality analysis.

To make a power quality control system with the option of identifying harmonic distortion sources and measuring the rate of participation of elements of distributions

system in process distribution of higher harmonics power, modification of the operation algorithms of counters is required.

Most modern electronic counters are designed with applying ICs Analog Devices. Among them there are ICs with the possibility monitoring power quality parameters, in particular, the calculation of THD (Total Harmonic Distortion). For example, ADE9000 [1] and the family ADE78xx [2]. Its functionality includes the availability of a flexible buffer for storing samples of current and voltage signals for the purpose of further processing by external digital signal processor (DSP).

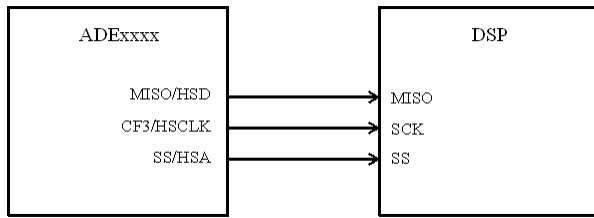


Figure 1. Connection circuit of the counter IC ADExxxx to an external DSP

The buffer stores from 8 to 80 ms of information depending on sampling rate. For data transfer to an external signal processor, a special interface HSDC (High Speed Data Capture) is provided. A DSP is integrated in the energy counters ICs, but its capabilities are limited.

Fig. 1 shows the connection circuit of the counter IC to an external DSP.

Further harmonic analysis of the current and voltage signals is carried out by an external signal processor according to the algorithm shown in Fig. 2.

Keywords: ASCA, nonsinusoidal conditions, power quality, harmonics, identification of distortion sources.

References

- [1] High Performance, Multiphase Energy, and Power Quality Monitoring IC [Online]. Available: <http://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/ADE9000.pdf>. Accessed on: March 17, 2020.
- [2] Polyphase Multifunction Energy Metering IC with Harmonic and Fundamental Information [Online]. Available: http://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/ADE7854_7858_7868_7878.pdf. Accessed on: March 17, 2020.
- [3] Filyanin D. “Application of ASCA for the purposes of identification and assessment sources of harmonic distortion”, Transactions of Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University, vol. 4, no. 111, pp. 38–43, 2018.

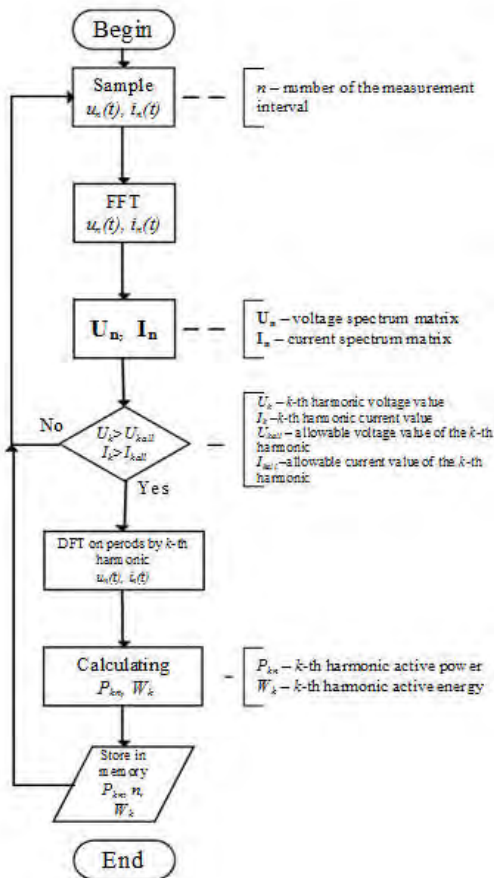


Figure 2. Control-flow chart analysis of current and voltage signals by a counter [3]

УДК 681.121

OPERATION MODELING FEATURES OF TURBINE TYPE FLOW RATE TRANSDUCERS

Anna Pysarets

National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine

E-mail: anna.v@ukr.net

The instruments based on turbine flow rate transducers take a certain part of the instruments market for measuring liquids flow rate and amount for many years. Such instruments are widely used in housing and communal services, petrochemical, fuel, energy, food and other industries. This is due to the advantages of the method such as high accuracy, reliability, the ability to directly obtain a frequency-modulated signal, the design simplicity and adaptability, small pressure losses. The presence of a movable element in the flow transducer design is the main disadvantage of these instruments today.

But the sensitive element (SE) shape as well as the flow part configuration provides the metrological characteristics of turbine flow meters and meters.

The aim of the research is to define the spatial shape of the sensitive element SE that provides the best measurement accuracy in the flow rate variation range.

Modern production technologies and materials on the one hand and the computational fluid dynamics rapid development on the other hand make it possible to create any spatial form of the SE.

Sensitive elements of two different spatial forms were selected to achieve the goal:

- a turbine which is a cylindrical hub with helical blades;
- a turbine with a coaxial ring mounted on the SE middle radius, its thickness is equal to the blade profile thickness.

The studied SE varieties are considered under conditions of identical general structural parameters such as characteristic radii, number of blades and other overall dimensions. This makes it possible to install them in the same transducers.

The measurement process for this type flow transducer is described by the equation of SE rotational motion under the flow action. The components of this equation are functions of the measuring medium flow properties, the configuration parameters of the instrument body and the SE. In this case such properties of the measured medium flow as temperature, pressure, density, viscosity, speed are taken into account. The configuration parameters of the instrument body are the radii and lengths of the flow tube characteristic sections. The SE is characterized by the number of blades, the angle of their inclination, the blades height and thickness, the turbine axial length.

The most important elements of such transducer's mathematical model are the driving torque from the measuring medium incoming flow and the SE inertia moment.

The turbine type transducer feature is the creation by structural elements of the annular channel for the measuring medium flow. It's created by the SE hub radius and the inner radius of the body measuring part.

Therefore, it is necessary to take into account the measuring flow movement in the annular channel when creating the transducer mathematical model. This effect is displayed in the mathematical model of the torque. The annular channel characteristic size is the radius corresponding to the maximum flow velocity [3]. This parameter combines the flow transducer design parameters with the hydrodynamic properties of the measured flow and is the function of the radii forming the annular channel.

At the same time the torque from the measured medium flow is formed at the height of the SE blade which is determined by the difference between the turbine outer radius and the hub radius.

In the general case the expression describing the indicated moment has the form

$$M=f(a_1, a_2, \dots, a_n, b_1, b_2, \dots, b_m), \quad (1)$$

where, a_1, a_2, \dots, a_n – are the characteristics of the measured flow; b_1, b_2, \dots, b_m – geometric features of the transducer flow tube.

The studied SE moments of inertia are determined based on the inertia of their individual components (hub, blade), their number and relative position in spatial form. In this case the measured medium masses attached to the SE are taken into account [4]. In addition to the SE geometric characteristics the required components of the moment of inertia are the material's density, as well as the medium flow density

$$J=f(c_1, c_2, \dots, c_k, d_1, d_2, \dots, d_q), \quad (2)$$

where, c_1, c_2, \dots, c_k – geometric parameters of the SE spatial form; d_1, d_2, \dots, d_q – the SE material density, the measuring medium density, the attached masses coefficients of the SE parts.

Expressions (1) and (2) obtained for the studied SE varieties became the basis of the corresponding transducers mathematical models.

The research results of the measurement error of the flow transducers with different SE are presented in the report. These results are obtained by mathematical modeling.

Key words: turbine type flow rate transducer, sensitive element, spatial form, measurement error.

Література

- [1] Турбинний лічильник холодної води тип MeiStream, MeiStream Plus. Паспорт. [Електронний ресурс]. Доступно: https://in-prem.com.ua/index.php?route=product/product/download&product_id
- [2] Турбинный водосчетчик с горизонтальной осью MWN. [Електронний ресурс]. Доступно: http://www.apator.com/uploads/files/Produkty/Wodomierze/MWN_MWN_130_MWN-G/
- [3] Дульнев Г. Н. Механика жидкостей и газов. Электронный учебник. Доступно: http://de.ifmo.ru/bk_netra/page.php?dir=4&tutindex=6&index=6&layer=1
- [4] И. С. Риман, и Р. Л. Крепс, *Присоединенные массы тел различной формы*. Труды ЦАГИ №635. СССР: Изд-во бюро новой техники, 1947.

УДК 621.121

ВРАХУВАННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ ПРОФІЛІВ ШВИДКОСТЕЙ ПОТОКУ ПРИ МАТЕМАТИЧНОМУ ТА КОМП'ЮТЕРНОМУ МОДЕЛЮВАННІ ВИМІРЮВАЛЬНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ВИТРАТИ ПЛИННИХ СЕРЕДОВИЩ

Драчук О. О.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, Україна

E-mail: o.drachuk@kpi.ua

Метрологічні характеристики лічильників та витратомірів окреслюються методами вимірювання, які покладені в основу їх побудови, умовами експлуатації, фізичними властивостями вимірюваного середовища тощо. Для зменшення величини невизначеності вимірювань виробники приладів та науковці постійно шукають можливості, проводять нові розрахунки та дослідження [1, 2].

До технологічних факторів, що впливають на роботу вимірювальних перетворювачів витрати належать закручування потоку, розподіл швидкостей у поперечному перерізі потоку, динамічні характеристики потоку, пульсації витрати та тиску в потоці, газові та тверді включення в рідині, гідравлічні удари, фізичні властивості та ін.

Як при натурних дослідженнях, так і при віртуальному моделюванні процесу протікання вимірюваного середовища, необхідно знати, який профіль швидкості у вимірювальній площині приладу. Для цього проведено аналіз існуючих математичних моделей профілів швидкостей потоків, які досліджувались та пропонуються для використання різними науковцями.

Просторовий рух потоку описується системою рівнянь Нав'є-Стокса. Його доповнюють рівняннями неперервності та збереження енергії. Вирішення такої системи рівнянь – одне з найважливіших завдань гідро-газо-динаміки та на сьогодні можливе лише з внесенням певних припущень для конкретних умов та моменту часу.

Досліди Нікурадзе показали, що краще всього для осесиметричного потоку профіль швидкості описується рівнянням [3]

$$v_r = v_{\max} \left(1 - \frac{r}{R} \right)^m,$$

де v_r – швидкість у будь-якій точці перерізу на відстані r від центра;

v_{\max} – осьова швидкість у центрі;

R – внутрішній радіус труби;

m – показник, що залежить від числа Re .

Однією з найбільш відомих теорій турбулентності є теорія, що розроблена *Прандтлем*. Швидкість в будь-якій точці перерізу циліндричної труби на відстані r від її осі визначається за формулою [4]

$$v=v_0-\frac{v^*}{\chi}\ln\frac{R}{R-r},$$

де v_0 – осьова швидкість;

χ – коефіцієнт, що визначається дослідним шляхом;

v^* – динамічна швидкість.

В доповіді також представлено результати аналізу формул Альштуль А. Д., Саламі Л. А. та базисних функцій для симетричних потоків [5 – 8].

Ключові слова: витратометрія, моделі потоків, моделювання потоків.

Література

- [1] І. В. Коробко, та Я. В. Волинська, “Оцінка асиметрії потоку рідини при вимірюванні її витрати та кількості”, *Вісник Київського політехнічного інституту. Серія Приладобудування*. № 45, с 91-98, 2013.
- [2] Ivan Korobko, and Anna Pysarets, “Flow transducers metrological performances optimization with flow bodies at flow asymmetry conditions”, *Вісник Київського політехнічного інституту. Серія Приладобудування*, Вип. 57(1), с. 56-61, 2019.
doi:10.20535/1970.57(1).2019.172024
- [3] С. М. Горлин, *Экспериментальная аеромеханика. Учебное пособие для вузов*. Москва, СССР: Высшая школа. 1970.
- [4] Л. Г. Лойцянский, *Механика жидкости и газа. Учеб. для вузов*. Москва, Россия: Дрофа, 2003.
- [5] И. Е. Идельчик, *Справочное пособие по гидравлическим сопротивлениям*. Москва, СССР: Машиностроение, 1975.
- [6] E. Mandard, D. Kouame, R. Battault, J-P. Remenieras, and F. Patat, “Transit Time Ultrasonic Flowmeter: Velocity Profile Estimation”, *IEEE Ultrasonics Symposium*, 2005, pp. 763-766.
- [7] P. I. Moore, G. J. Brown, and B. P. Stimpson, “Ultrasonic transit-time flowmeters modelled with theoretical velocity profiles: methodology”, *Meas. Sci. Technol.* №11, pp.1802–1811, 2000.
- [8] L. A. Salami, “Application of a computer to asymmetric flow measurements in circular pipes”, *Trans. InstMC*, № 6. Pp. 197 – 206, 1984.

УДК 621.121

ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ АСИМЕТРІЇ ПОТОКУ НА МЕТРОЛОГІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГІДРОДИНАМІЧНИХ ВИМІРЮВАЛЬНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ВИТРАТИ

Коробко І. В.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, Україна

E-mail: i.korobko@kpi.ua

Актуальною на сьогодні є проблема високоточних вимірювань витрати та кількості рідин і газів, включаючи всі її аспекти від розроблення і досліджень вимірювальних перетворювачів витрати (ВПВ) до побудови вузлів обліку в конкретних умовах експлуатації. Одними з ВПВ, що використовуються для обліку рідинно-газо-фазних потоків за різних режимів їх протікання, є

гідродинамічні (ГД) ВПВ [1, 2]. Принцип дії ГД ВПВ базується на залежності переміщення або коливання чутливого елемента (ЧЕ), який розміщено у плинному середовищі, від величини гідродинамічного натиску потоку [1-3].

Гідродинамічним ВПВ притаманні ряд переваг перед іншими приладами: високі точність, надійність та швидкодія (мала інерційність), широкий діапазон вимірювання, конструктивна простота, зручність обслуговування, незалежність показань від статичного тиску у технологічній мережі, висока повторюваність результатів вимірювання.

Для створення ефективних ГД ВПВ з високими метрологічними характеристиками необхідно провести їх оптимізацію шляхом вибору значень параметрів конструкцій, створенням вимірювального каналу і ЧЕ з раціональними обтічними формами, при мінімізації втрати енергії потоку і максимальній чутливості, не ускладнюючи при цьому технологію їх виготовлення, зменшення чутливості ВПВ до неоднорідності профілю потоку на вході та перехідної зони між ламінарним і турбулентним режимами [4].

Дослідження ГД ВПВ здійснювалися трьома шляхами: а) побудова математичної моделі їх роботи і на її базі визначення цільової функції, проектних параметрів та їх граничних умов і проведення оптимізаційних розрахунків [4, 5]; б) оцінювання метрологічних характеристик і підтвердження отриманих результатів оптимізації шляхом віртуального моделювання із застосуванням CFD-технологій в скінченно-елементному програмному комплексі ANSYS [3, 5, 6]; в) напівнатурні випробування і оцінювання адекватності розробленої математичної моделі та результатів віртуального моделювання.

Оцінювання взаємодії плинного неоднорідного потоку і ЧЕ різної просторової конфігурації та його вплив на паспортні характеристики приладу проводилися з перетворювачами, ЧЕ яких мають обтічні поверхні різної гаусової кривизни: нульової (циліндр), додатньої (конус) та від'ємної (порожниста напівсфера) [3]. Для вказаних моделей проведено чисельне моделювання з визначенням похибок вимірювання залежно від кута їх просторової орієнтації на технологічній мережі та відстані від місцевого гідравлічного опору.

В доповіді розглянуті результати проведених досліджень ГД ВПВ за різного його локального розміщення після гідравлічних опорів: конфузор, дифузор, раптові розширення та звуження, просте та просторове коліно.

Криві похибок по протяжності вимірюваного каналу мають однаковий характер і однозначно характеризують залежність точності вимірювань від гідродинамічної картини потоку. Це надає змогу приймати правильне рішення що до локального просторового розміщення приладу на технологічній мережі, з метою забезпечення високої точності вимірювання витрати.

За результатами метрологічних досліджень впливає, що перетворювачі з обтічними тілами у формі конусу менш чутливі до асиметрії потоку, ніж схема, з ЧЕ, який має тіла обтікання у формі диску та порожнистої напівсфери.

Отримані результати тестування шляхом математичного та чисельного моделювань поряд із стендовими випробуваннями вказують на високий рівень відповідності теоретичних та експериментальних досліджень, визначають місця доцільного локального розміщення приладів в технологічній мережі. Ця теза окреслює надзвичайно важливе для практики усвідомлення доцільності застосування перетворювачів в єдино слушних, з точки зору точності вимірювання, локальних місцях технологічної мережі, без огляду на вимоги в паспорті на прилад, які вимагають необхідні протяжності прямих ділянок трубопроводів до і після приладу.

Ключові слова: витрата, гідродинамічні перетворювачі, моделі потоків.

Література

- [1] І. В. Коробко, “Визначення коливальної маси чутливого елемента вимірювального перетворювача витрат гідродинамічного типу”, *Праці ТДАА*, Вип. 4, Т. 22, с. 87–93, 2003.
- [2] І. В. Коробко, “Оцінка ефективності вимірювальних перетворювачів витрати рідин і газів”, *Вісник НТУУ «КПІ». Серія приладобудування*, Вип. 44, с. 111- 117, 2012.
- [3] І. В. Коробко, А. В. Писарець, і А. М. Рак, “Оцінювання метрологічних характеристик витратомірів обтікання та факторів впливу на них”, *Метрологія та прилади*, с. 27-34, 2019.
- [4] І. В. Коробко, “Оптимізація вимірювальних перетворювачів витрати рідини гідродинамічного типу”, *Вісн. НТУУ «КПІ». Серія приладобудування*, Вип. 46, с. 91–96, 2013.
- [5] I. V. Korobko, I. A. Gryshanova, “Research on developing propeller flowmeters with increased accuracy”, *Proceedings of HT/FED’04 2004 ASME Heat Transfer/Fluids Engineering Summer Conference*, July 11- 15, 2004, Charlotte, North Carolina, USA.